

In der folgenden Übung überlegen wir einige Aspekte zur Quantenwelt und der makroskopischen Physik. Die entscheidende Beobachtung, die unserer Alltagserfahrung entspricht, ist: Die Superposition von Quantenzuständen ist für uns im Alltag nicht zu beobachten.

1. *de Broglie*: Berechnen Sie die de Broglie Wellenlängen

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

für die folgenden drei Fälle:

- (i) Elektronen in einem Elektronenmikroskop. Die Elektronen werden typischer Weise mit einer Energie von 100 eV bis 100 keV beschleunigt.
- (ii) Ein Fußball, den Lukas Podolski mit etwa 100 km/h ins Tor jagt.
- (iii) Die Moleküle in der Luft bei Raumtemperatur. In diesem Fall sucht man die mittlere de Broglie Wellenlänge, die der mittleren Geschwindigkeit der Moleküle in der Luft entspricht. Diese Mittelung führt auf die Formel

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2\pi mkT}},$$

wobei k die Boltzmann-Konstante ist. Nehmen Sie hierfür an, dass die Luft aus Stickstoff besteht.

Vergleichen Sie ihre Werte mit den Durchmessern, die man den jeweiligen Teilchen zuordnet: Für den Fußball ist der Durchmesser etwa 20 cm, für Elektronen gibt man den klassischen Elektronendurchmesser mit $\alpha\lambda_c/\pi = 2.82 \times 10^{-15}$ m an. Für ein Stickstoffmolekül N_2 kann man etwa 200 pm annehmen.

2. *Compton*: Berechnen Sie für die drei obigen Fälle auch die Compton Wellenlänge

$$\lambda_c = \frac{h}{mc}$$

und vergleichen Sie wieder die Resultate. Überlegen Sie, warum die Compton Wellenlänge eine untere Schranke an die Ortsunschärfe in der Heisenbergschen Unschärferelation $(\Delta x)(\Delta p) \geq \hbar/2$ darstellt. Warum ist auch bei einem Fußball im Vakuum (so dass er nicht von Luftmolekülen gestoßen wird) eine Ortsunschärfe vorhanden? Wird diese kleiner, wenn wir den Fußball abkühlen?